

## KEMAMPUAN BATUBARA DALAM MENURUNKAN KADAR LOGAM $Cr^{2+}$ DAN $Fe^{2+}$ DALAM LIMBAH INDUSTRI BAJA

Mu'tasim Billah

Teknik Kimia FTI-UPNV Jawa Timur

### ABSTRACT

Wastewater treatment process which is often used is the adsorption process, because this process is not too complicated processing, besides that it is also the material used to adsorb easily on Facebook, as well as the lowest operational cost. Many materials will be used as absorbent, one of which is coal. Besides used as fuel was coal can also be used as an ingredient pengadsorbsi.

The purpose of this research is to know or learn the amount of coal capacity in reducing metal content  $Cr^{2+}$  dan  $Fe^{2+}$  in the steel industry waste.

Adsorbs process carried out by flowing the waste of container vessel into a pipe reactor which contains coal as adsorbent with continuous flow. This research will study the effect of coal as an adsorbent to reduce the concentration of heavy metals chromium and iron in a reactor pap (column) in a variety of flow rate with a variable as follows: High bed (cm): 20, 25, 30, 35, 40; Rate Flow (ml / min): 35, 50, 65, 80, 95.

The results of this study indicate that decreasing the concentration of chromium best, that is equal to 51.90 mg / L with% absorption of 64.84% while the best concentration of iron metal, that is equal to 56.28 mg / L with% absorption of 42.18%. This result was obtained at a flow rate of 35 ml / min and the height of the bed 40 cm.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara penghasil batubara yang cukup banyak. Batubara di Indonesia kebanyakan merupakan batubara jenis lignite (brown coal) atau biasa yang disebut dengan batubara muda. Batubara muda memiliki nilai kalor yang rendah dan banyak mengandung belerang sehingga kurang baik digunakan pada proses pembakaran. Penggunaan batubara muda hanya untuk sekedar dibakar merupakan pemanfaatan sumberdaya alam yang kurang maksimal. (Corinne and Christopher, 1996)

Limbah cair industri pengolahan baja dapat digolongkan sebagai bahan berbahaya dan beracun, karena mengandung logam-logam berat.

Pada dasarnya logam dalam air buangan dapat dipisahkan dengan berbagai cara untuk mengurangi kandungan ion logam di dalam air buangan tersebut. Salah satu cara pengolahan yang sering dipakai untuk menurunkan kadar logam berat

industri adalah dengan cara adsorbsi. Dengan cara ini limbah cair yang akan diturunkan kadar logamnya dilewatkan pada media penyerap dan akan terjadi proses penyerapan logam berat pada permukaan zat penyerapnya.

### Batubara

Batubara merupakan salah satu sumber energi primer yang memiliki riwayat pemanfaatan yang sangat panjang. Beberapa ahli sejarah yakin bahwa batubara pertama kali digunakan secara komersial di Cina. Bahkan petunjuk paling awal tentang batubara ternyata berawal dari filsuf dan ilmuwan yunani yaitu Aristoteles, yang menyebutkan adanya arang seperti batu. Abu batubara yang ditemukan di reruntuhan bangunan bangsa romawi di Inggris juga menunjukkan bahwa batubara telah digunakan oleh bangsa Romawi pada tahun 400 SM. ([www.beritaipstek.com](http://www.beritaipstek.com))

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap dan

selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan karbon (*Carboniferus Period*) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 290 juta sampai 360 juta tahun yang lalu. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Proses awal pembentukan, endapan tumbuhan berubah menjadi gambut (*peat*) yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignite*) atau disebut pula batubara coklat (*brown coal*).

Setelah mendapatkan pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, maka batubara muda akan mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara menjadi batubara subbituminus. Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara lebih keras dan warnanya lebih hitam sehingga membentuk bituminous atau antrasit.

### Jenis Batubara

Batubara terbentuk dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama (puluhan sampai jutaan tahun) dibawah pengaruh fisika, kimia, ataupun keadaan geologi.

Berdasarkan dari mutu atau tingkatannya batubara dikelompokkan menjadi kelas :

- a. Lignite  
Lignite merupakan batubara peringkat rendah dimana kedudukan lignite dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara. Lignite adalah batubara yang berwarna hitam dan memiliki tekstur seperti kayu.
- b. Sub-bitumine  
Batubara jenis ini merupakan peralihan antara jenis lignite dan bitumine. Batubara jenis ini memiliki warna hitam yang mempunyai kandungan air, zat terbang, dan oksigen yang tinggi serta memiliki kandungan karbon yang rendah. Sifat-sifat tersebut

menunjukkan bahwa batubara jenis sub-bituminu ini merupakan batubara jenis rendah.

- c. Bitumine  
Batubara jenis ini merupakan batubara yang berwarna hitam dengan tekstur ikatan yang baik.
- d. Antrasit  
Antrasit merupakan batubara paling tinggi tingkatannya yang mempunyai kandungan karbon lebih dari 93 % dan kandungan zat terbang kurang dari 10 %. Antrasit umumnya lebih keras, kuat dan sering kali berwarna hitam mengkilat seperti kaca. [Yunita, 2000]

### Sifat-sifat Batubara

Batubara merupakan suatu campuran padatan yang heterogen dan terdapat di alam dalam tingkat / grade yang berbeda mulai dari lignite, subbitumine, bitumine, antrasit. (Sukandarrumidi, 1998).

Di dalam perdagangan dikenal dengan istilah *Hard Coal* dan *Brown Coal*. *Hard Coal* adalah jenis batubara yang menghasilkan gross kalori lebih dari 5.700 kcal/kg dan dibagi :

- a. Kandungan zat terbang (volatile matter) hingga 33%.
- b. Kandungan zat terbang (volatile matter) lebih besar 33 %.

*Hard coal* merupakan jenis batubara dengan hasil kalori yang lebih tinggi dibandingkan dengan bitumine/subbitumine, dan lignite (*brown coal*).

Sifat batubara jenis antrasit :

- a. Warna hitam sangat mengkilap, kompak
- b. Nilai kalor sangat tinggi, kandungan karbon sangat tinggi
- c. Kandungan air sangat sedikit
- d. Kandungan abu sangat sedikit
- e. Kandungan sulfur sangat sedikit.

Sifat batubara jenis Bituminu/subbituminu:

- a. Warna hitam sangat mengkilap, kurang kompak
- b. Nilai kalor sangat tinggi, kandungan karbon relative tinggi
- c. Kandungan air sangat sedikit.

- d. Kandungan abu sangat sedikit.
  - e. Kandungan sulfur sedikit.
- Sifat batubara jenis lignite :
- a. Warna hitam sangat rapuh
  - b. Nilai kalor rendah, kandungan karbon sedikit.

- c. Kandungan air tinggi
- d. Kandungan abu banyak
- e. Kandungan sulfur banyak.

Berikut ini ditunjukkan contoh analisis dari masing-masing unsure yang terdapat dalam setiap tahap pembuatan:

Type of Coal	C %	H <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	N <sub>2</sub> %	Moisture %	Volatille mater %	Calorific Value Btu/lb
Peat	45 – 60	3.5 – 6.8	20 – 45	0.75 – 3	70 – 90	45 – 75	7500 - 9600
Lignite	60 – 75	4.5 – 5.5	17 – 35	0.75 – 2.1	30 – 50	45 – 60	12000 – 13000
Bituminous	75 – 92	4 – 5.6	3 – 20	0.75 – 2	1 – 20	11 – 50	12600 -16000
Anthracites	92 – 95	2.9 – 4	2 – 3	0.5 – 2	1.5 – 3.5	3.5 – 10	16000 - 15400

Penentuan (rank) batubara ditentukan untuk pemakaian akhir batubara. Komposisi utama batubara adalah carbon, hydrogen, oksigen yang terdiri dari sulfur dan nitrogen dalam jumlah kecil, air dan abu mineral impurities. Salah satu pemanfaatan batubara adalah sebagai purifying dan filtering agent.

#### Adsorbsi

Adsorbsi merupakan suatu proses atau fenomena penimbunan atau penghimpunan subtan pada permukaan dari dua fase yang teradsorbsi disebut adsorbat (solute dan fase pengadsorbsi disebut adsorben. Peristiwa demikian biasanya dimaksudkan juga sebagai penyerapan molekul-molekul adsorbat ke permukaan adsorben. (Tryball, 1981)

Ada 2 macam jenis adsorbsi , yaitu :

1. Adsorbsi fisika adsorbs Van Der Waals  
Proses adsorbsi fisika adalah proses adsorbsi yang merupakan hasil dari gaya tarik. Intermolekuler antara molekul padatan dan substansi yang diadsorbsi. Adsorbat tidak menembus ke dalam kisi-kisi Kristal adsorben serta tidak melarut di dalamnya, tetapi sepenuhnya berada pada permukaan adsorben. Pada padatan yang sangat porous mengandung banyak kapiler-kapiler substansi yang diadsorbsi akan masuk dalam celah-celah ini pada saat adsorbat membasahi padatan tersebut. (Tryball, 1981)
2. Adsorbs kimia atau adsorbs aktif

Adsorbs kimia merupakan hasil dari interaksi antara padatan dan substansi yang teradsorbsi. Proses adsorbs kimia sering kali tidak bolak-balik dan pada desorbsi substansi sering kali ditemukan telah mengalami perubahan kimia. (Tryball, 1981)

Pada prinsipnya proses adsorbsi terdiri dari tiga langkah penting, yaitu:

1. Harus terjadi kontak antara fluida dengan adsorben, pada keadaan demikian adsorbat akan didsorbsi.
2. Fluida yang tidak teradsorbsi harus dipisahkan dari adsorbat-adsorben.
3. Adsorben harus dapat diregenerasi (diaktifkan kembali)

Factor-faktor yang mempengaruhi proses adsorbs adalah:

1. Sifat-sifat fisika dan kimia dari adsorben.  
Selain komposisi dan polaritas, struktur pori merupakan factor yang penting untuk diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Semakin kecil pori-pori adsorben, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorbs bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorbs dianjurkan agar menggunakan adsorben yang telah dihaluskan.
2. Sifat-sifat fisika dan kimia dari zat yang diserap.  
Banyak senyawa yang dapat diadsorbsi oleh adsorben tetapi kemampuannya untuk mengadsorbsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorbsi akan

bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dan senyawa serapan

3. Konsentrasi dari zat yang diserap dalam larutan.

Semakin tinggi konsentrasi dari zat yang diserap dalam larutan maka semakin banyak jumlah adsorben yang akan digunakan.

4. Sifat-sifat dari liquid, misalnya pH, temperature.

Adsorpsi semakin meningkat bila pH diturunkan yaitu dengan penambahan asam-asam mineral, sebaliknya bila pH dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu tinggal dalam system

Bila adsorben ditambahkan dalam suatu cairan dibutuhkan waktu untuk mencapai keseimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah adsorben yang digunakan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi diperlukan waktu tinggal yang lebih lama.

Keseimbangan adsorpsi terjadi pada saat adsorbat yang terkandung dalam larutan telah bercampur dengan adsorben, molekul-molekul adsorbat berpidah dari larutannya ke permukaan adsorbent hingga konsentrasi adsorbat dalam larutan adalah sebanding dengan konsentrasi adsorbat pada permukaan solid adsorbent. (*Donald. W and Herbert. E. K, 1979*)

### Kromium

Krom ditemukan pertama kali oleh seorang ahli kimia Perancis pada tahun 1797. Krom merupakan racun dengan konsentrasi yang tinggi dan bersifat racun bagi makhluk hidup. Krom dapat menyebabkan penyakit bronchitis, gangguan saluran pernafasan dan juga merusak liver.

Chromium berasal dari tambang mineral kromit, tambang kromit ini terutama dikonsumsi oleh industri refraktori (175 ton), barang-barang dari logam (7 ton), serta industri keramik dan porselin (2 ton). Penggunaan kromit terbesar adalah untuk industri logam, karena logam kromium mempunyai sifat yang sangat penting yaitu sifat ketahanan terhadap panas, abrasi, korosi, dan oksidasi. Sedangkan logam paduannya mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi.

Pada umumnya kromium dalam limbah industri berada dalam bentuk sodium kromat, potassium kromat dan sodium dikromat. Garam-garam industri ini terdapat dalam industri : metal platina, industri aluminium, industri penyamakan kulit dan berbagai industri yang lain. Krom sangat berbahaya bagi kehidupan manusia. Dalam konsentrasi yang cukup kecil saja telah dapat mengganggu pertumbuhan berbagai jenis flora dan satwa yang hidup di dalam air.

Karakteristik dan sifat loga krom:

1. Berwarna putih, tidak begitu liat, dan tidak dapat ditempa.
2. Golongan VI B dengan valensi 1 – 6.
3. Nomor atom : 24
4. Berat atom : 51,996
5. Berat jenis (20°C) : 7,2 gr/cm<sup>3</sup>
6. Jari-jari atom : 1,17 Å
7. Titik didih : 2199°C
8. Titik lebur : 1765°C

Logam krom ini dapat juga bersifat toksik dan dalam konsentrasi yang cukup kecil saja telah dapat mengganggu pertumbuhan berbagai jenis flora dan satwa yang hidup di dalam air. Pada konsentrasi yang cukup tinggi, krom juga dapat mengganggu fungsi syaraf dan ginjal pada manusia. Dalam air pending, kadang-kadang ditambahkan  $K_2Cr_2O_7$  dapat berfungsi untuk menghambat terjadinya korosi pada peralatan. Industri yang dalam air buangnya yang kemungkinan mengandung krom antara lain : Industri penyamakan kulit, industri electroplating, industri sakarin, industri penyedap makanan dan industri tekstil. (*Kirk-Otmer, 1952*)

## Besi

Besi (Fe) mempunyai nomor atom 26, berada di group ke VIII pada susunan unsure kimia diantara mangan dan kobalt di dalam periode 4. Mempunyai angka valensi  $3^+$  dan  $2^+$  dan siap berkombinasi dengan unsure-unsur lain.

Besi (dari bahasa Inggris lama Iren, Isen, Isern; latin Ferrum) mempunyai 4 isotop penuh dengan massa 54 (6,04%), 56 (91,57%), 57 (2,11%), dan 58 (0,28%). Besi adalah unsure keempat di dalam bumi, mempunyai pengkat lebih tinggi dari aluminium, silisium, dan oksigen. Dan menjadi metal yang pertama pengembangannya sampai dengan saat ini. Walaupun emas, perak, tembaga, kuningan dan perunggu digunakan sebelum besi, tetapi itu tidak dilakukan setelah manusia menemukan bagaimana cara mengekstrak besi dari biji besi yang mulai dikembangkan dengan cepat. Pada kenyataannya semua hal disekeliling kehidupan kita sekarang ini dibuat dari jenis-jenis besi maupun baja (yang mana merupakan suatu campuran logam besi), atau besi setelah digunakan dalam proses manufaktur.

Besi murni berwarna putih keperakan, metal yang lembut seperti perak yang berbentuk body center cubik (bcc) member kisi Kristal pada suhu normal. Besi asli jarang bisa ditemukan karena besi berkombinasi dengan unsur-unsur seperti oksigen dan belerang. Besi oksida adalah jenis besi yang paling sering ditemukan di alam. Biasanya, kandungan besi oksida ini (lapisan biji besi) berkurang dalam proses pembakaran. Besi dari proses pembakaran ini kemudian disuling untuk proses pembuatan baja (qv), sebagai teknik logam yang nomor satu.

Sifat fisika dan kimia dari besi sangat sulit untuk menggambarkan angka--angka absolut karena sebagian kecil dari unsur-unsur lain dari besi mungkin mempengaruhi sifatnya. Besi murni sukar

ditemukan, tapi besi dengan kemurnian tinggi telah diproduksi untuk menentukan logam yang paling besar kandungannya.

## Proses Pengolahan Air Limbah

Telah tersedia beberapa proses dan teknologi pengolahan air limbah, seperti :

1. Proses reduksi dan pengendapan.  
Pada proses pengolahan air limbah secara reduksi dan pengendapan, akan menghasilkan lumpur (folk) yang cukup besar, sehingga pada proses ini mempunyai permasalahan bagaimana penanganan lumpur tersebut.
2. Proses Pertukaran ion.  
Proses pertukaran ion, untuk pengambilan ion kromion dilakukan proses reduksi terlebih dahulu. Kromium valensi IV menjadi kromium valensi III, sehingga proses ini masih mempunyai masalah bagaimana penanganan resin yang mengandung kromium valensi III.
3. Proses Elektrokimia.  
Proses Elektrokimia masih mempunyai permasalahan yaitu bagaimana penanganan padatan yang mengandung kromium trioksida dan besi oksida yang merupakan endapan padat hasil elektrolisis.
4. Proses Adsorbtion.  
Secara adsorbsi, ion-ion akan teradsorbsi ke dalam zat padat. Cara adsorbsi ini yang paling banyak digunakan dalam industri. Adsorbent yang umumnya digunakan untuk penanganan limbah elektroplating adalah karbon aktif, resin, batubara, abu bagase, batu apung.
5. Proses Reserve Osmosis (Membran)  
Pada proses pengolahan air limbah dengan menggunakan proses reserve osmosis, ion-ion akan menempel pada membrane.

PARAMETER	SATURN	GOL. I	GOL. II	GOL.III	GOL. IV
Keb. Oksi Biokimia (BOD)	Mg/L	30	50	150	300
Keb. Oksi Kimia (COD)	Mg/L	80	100	300	600
Detergen Anionik	Mg/L	0.5	1	3	15
Fenol	Mg/L	0.01	0.05	1	2
Minyak dan lemak	Mg/L	1	5	15	20
PCB	Mg/L	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil

Batas maksimum air limbah s.k. Gub 414/1994

Penggunaan batubara, sebagai adsorben dewasa ini banyak berkembang terutama dalam bidang pengolahan air limbah air industri untuk menurunkan konsentrasi logam-logam berat. Karena proses ini pengolahannya tidak terlalu rumit, bahan untuk mengadsorpsi mudah didapatkan mudah didapatkan serta biaya operasionalnya paling rendah, (Agus Hariadi, 2004).

### Aktivasi

Aktivasi adalah proses penambahan zat kimia (activator) yang bertujuan untuk membangun porositas dan memperbesar luas permukaan (Kirk-Othmer, 1983).

Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivasi, diantaranya:

- Konsentrasi activator**  
Konsentrasi activator memberikan pengaruh pada proses aktivasi, yaitu semakin tinggi konsentrasi activator, semakin besar pula pengaruhnya untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati rongga atau pori-pori dari batubara, sehingga, volume pori semakin luas. Dengan demikian daya serapnya, semakin besar pula. Disamping itu, activator dapat mendegradasi / mendehidrasi molekul organik selama proses karbonisasi/kalsinasi. (Kirk Othmer, 1992)
- Suhu aktivasi**  
Suhu aktivasi tergantung bahan baku yang digunakan.
- Waktu aktivasi**  
Waktu aktivasi juga memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu sebentar, dikhawatirkan bahan aktivator tidak akan terlepas sempurna.

Pada penelitian ini, batubara yang digunakan sebelumnya diaktifkan terlebih dahulu menggunakan NaOH 0,5 N. Tujuan dari pengaktifan batubara yaitu untuk memperbesar pori-pori dari batubara.

### Mekanisme Adsorpsi.

Prinsip dasar mekanisme adsorpsi yaitu campuran yang akan dipisahkan di bawah sampai berkontak dengan fase tak larut lainnya, adsorbent padat dan distribusi tidak merata dari constituent asal, antara fase adsorpsi pada permukaan padatan dan lapisan fluida akan terjadi pemisahan. Proses pemisahan akan terjadi akibat perbedaan molekul atau perbedaan berat molekul atau perbedaan sifat polaritas bahan yang menyebabkan molekul melekat lebih kuat pada yang lainnya. Pada berbagai keadaan satu macam adsorbat secara menyeluruh dari liquid menuju adsorbent, sedang proses adsorpsi yang terjadi pada komponen lain sangat kecil.

Proses regenerasi dari adsorben dapat pula dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi adsorbat yang tinggi dan liquid yang hampir murni. (Treyball, 1981) Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi dalam penelitian ini adalah :

Sifat-sifat fisika dan kimia dari adsorben adalah Selain komposisi dan polaritas, struktur pori merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori adsorben, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi dianjurkan agar menggunakan adsorben yang telah dihaluskan.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan Kalium Bichromat dan Ferro Sulfat yang dibuat dengan berat 1 gr/L. Penyusun menggunakan adsorben batubara dengan nilai kalor 5800 — 6000 kalori yang sebelumnya telah di aktivasi dengan NaOH 0,5 N.

Variable yang dikerjakan antara lain;

1. Variabel dengan kondisi tetap
  - a. Ukuran batubara: 40 mesh.
  - b. Suhu ruangan : 30 T.
  - c. Tekanan udara : 1 atm.
  - d. Jenis adsorben : Batubara
  - e. Inside diameter kolom : 4,5 cm
  - f. Outside diameter kolom : 5 cm
  - g. Ketiggian kolom : 48 cm
2. Variable yang dijalankan
  - a. Tinggi bed adsorben : 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm
  - b. Laju alir : 35, 50, 65, 80, 95 (ml/menit)

Prosedur penelitian.

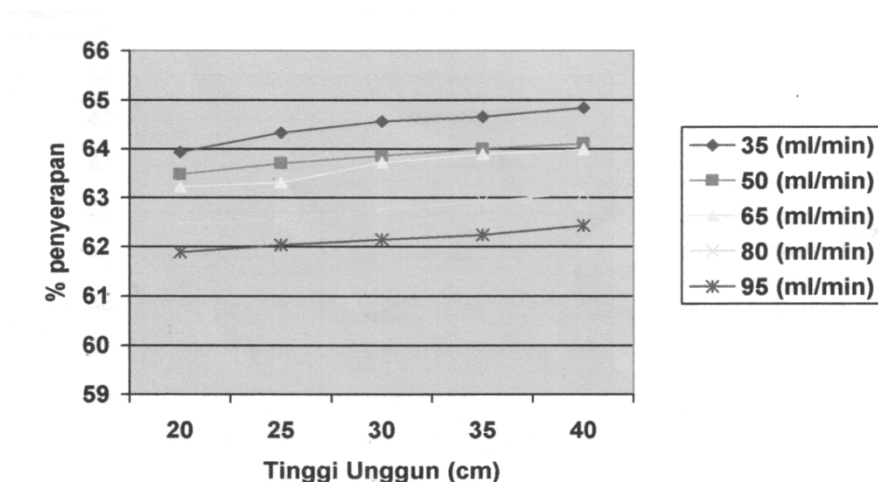
1. Pipa berkolom diisi dengan batubara yang telah ditreatment dengan ketinggian sesuai dengan variable yang telah ditentukan.
2. Larutan dimasukkan ke dalam bak penampung.
3. Larutan dialirkan dengan laju alir yang telah divariabelkan ke dalam pipa berkolom yang telah diisi batubara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Tabel 1. Pengaruh tinggi unggun terhadap konsentrasi akhir larutan.

Tinggi Unggun (cm)	Laju Alir (ml/Menit)	Logam		% penyerapan	
		Chrom (Mg/L)	Besi (Mg/L)	Chrom (Cr)	Besi (Fe)
20	35	53,21	57,28	63,94	41,28
	50	53,89	57,97	63,49	40,57
	65	54,29	58,48	63,22	40,05
	80	55,37	59,16	62,48	39,35
	95	56,25	60,01	61,89	38,48
25	35	52,64	57,00	64,34	41,57
	50	53,56	57,67	63,71	40,88
	65	54,15	58,31	63,31	40,22
	80	55,27	58,90	62,55	39,62
	95	56,03	59,87	62,04	38,63
30	35	52,29	56,64	64,57	41,94
	50	53,34	57,49	63,86	41,07
	65	53,53	58,25	63,73	40,28
	80	54,95	58,61	62,77	39,92
	95	55,87	59,53	62,15	38,97
35	35	52,15	56,40	64,66	42,18
	50	53,12	57,43	64,01	41,13
	65	53,28	58,08	63,90	40,46
	80	54,71	58,27	62,93	40,27
	95	55,73	59,32	62,24	39,19
40	35	51,90	56,28	64,84	42,31
	50	52,97	59,37	64,11	47,19
	65	53,14	57,95	63,99	40,59
	80	54,49	58,04	63,08	40,50
	95	55,49	59,17	62,43	39,34



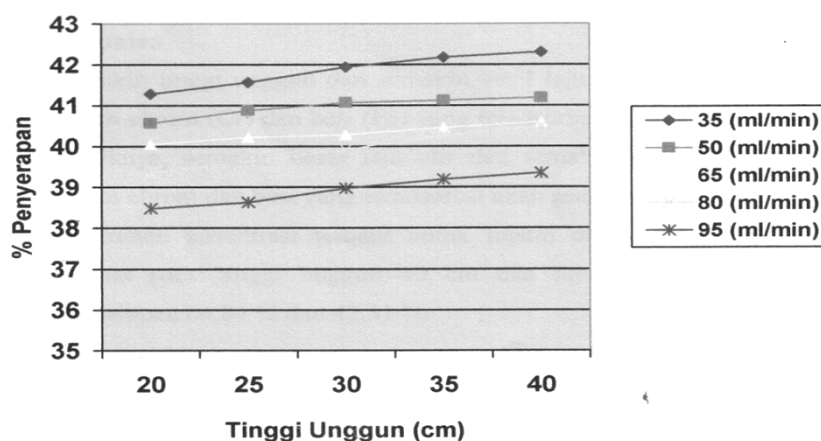
Gambar 1. Grafik hubungan antara penurunan konsentrasi logam krom (% penyerapan) dan tinggi unggun diam (cm) pada laju alir yang berbeda-beda.

Pada table 1 dan gambar 1 terlihat bahwa semakin kecil laju alir dan semakin tinggi unggun, maka akan semakin besar logam krom yang dapat diserap oleh batubara.

Hal ini terlihat pada gambar 1 pada laju alir 35 ml/menit dengan tinggi unggun sebesar 40 cm didapatkan konsentrasi penurunan logam krom terbaik sebesar 51,90 mg/L dengan % penyerapan 64,84 %. Hal ini terjadi karena semakin kecil laju alir dan

semakin tinggi unggun pada kolom, maka akan semakin lama waktu kontak antara logam pada larutan dengan batubara sehingga batubara sebagai adsorben mampu mengikat ion krom dengan baik. Warna larutan sebelum diadsorbsi adalah kuning setelah mengalami proses adsorbsi larutan tersebut berwarna jernih.

Berikut ini adalah grafik penurunan konsentrasi logam, besi terhadap unggun diam dengan laju alir yang berbeda.



Gambar 2. Grafik hubungan antara penurunan konsentrasi logam besi (% penyerapan) dan tinggi unggun diam (cm) pada laju alir yang berbeda-beda.

Pada table 2 dan gambar 2 menggambarkan daya serap batubara terhadap logam besi. Hal ini terlihat semakin tinggi unggun dan semakin kecil

laju alir maka daya serap batubara terhadap logam besi akan semakin meningkat. Hasil terbaik didapatkan pada laju alir 35 ml/menit dengan tinggi unggun 40 cm



sebesar 56,28 mg/L dengan % penyerapan 42,31 %. Hal ini terjadi karena waktu kontak antara batubara dengan logam besi semakin lama dengan semakin tinggi unggun dan semakin kecil laju alir.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi unggun dan semakin kecil laju alir, maka semakin besar logam chrom (Cr) dan besi (Fe) yang teradsorbsi oleh batubara. Demikian sebaiknya, semakin besar laju alir dan semakin rendah unggun, maka logam chrom dan besi yang teradsorbsi akan semakin sedikit.

Penurunan konsentrasi terbaik untuk logam chrom (Cr) dan besi (Fe) dicapai pada tinggi unggun 40 cm dan laju alir 35 cm dengan % penyerapan 64,84 % dan 42,31

### Saran

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan aktivasi pada batubara menggunakan NaOH dengan konsentrasi yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardhika, 2006, "Daur Ulang Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Batubara Sebagai Adsorben", UPN "Veteran" Jawa Timur
- Bernasconi, G., 1995, "Teknologi Kimia Bagian 2", PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Borrow, G.M., 1996, "Physical Chemistry", 6<sup>th</sup> ed., P321, MC.Graw Hill Companies Inc., USA
- Fadarina, 1997, "Pengaruh Temperatur Proses dan Kadar Tembaga Terhadap Penurunan Legas dan Kenaikan Kalor Batubara Kalsel", Institut Teknologi Bandung
- Hardjono, Ir. 1987, "Teknologi Minyak Bumi I", edisi kedua., Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Hatiniati, 2003, "Pengaruh Penambahan Residu Minyak Pada Proses Pencairan Batubara Banko Tengah ("Co-Processing")", Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Konservasi Dan Konversi Energi, Jakarta